الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية

I الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية :

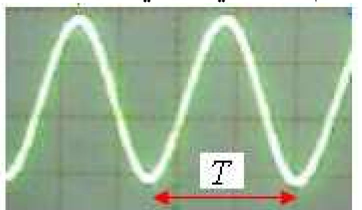
1)تعريف:

الظاهرة الدورية هي التي تتكرر بكيفية مماثلة وتتميز بالدور T والتردد $\upsilon = \dfrac{1}{T}$.

تكون الموجة المتوالية دورية إذا كان التطور الزمني الحاصل لكل نقطة من نقط وسط الإنتشار دوريا .

2) مثال:

نحدث بواسطة مكبر الصوت مرتبط بمولد GBF صوتا أمام ميكروفون مرتبط بمربطي راسم التذبذب فنحصل على الرسم التذبذبي التالي:



الكسح الأفقي المستعمل : $0,5ms/div$

وبما أن الدور T ممثل ب : $2,5div$ فإن: دور الموجة الصوتية: $T = 2,5div \times 0,5ms/div = 1,25ms$

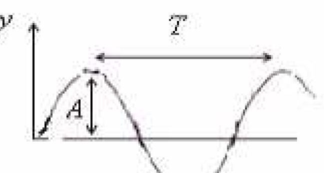
والتردد: $N = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{1,25 \times 10^{-3} s} = 800Hz$

II الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية :

1)تعريف:

الموجة المتوالية الدورية الجيبية هي موجة يكون المقدار الفيزيائي المقرون بها دالة جيبية بالنسبة للزمن .

واستطالة نقطة من وسط الإنتشار تكتب كما يلي :



$$y(t) = A\cos(\frac{2\pi}{T}t + \varphi)$$

A: وسع الدالة الجيبية.

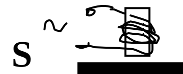
T: دورها ويميز الدورية الزمانية.

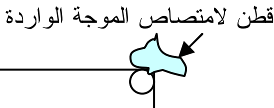
φ: الطور عند أصل التاريخ يحدد من خلال الشروط البدئية.

2) الموجة المتوالية الجيبية طول حبل.

أ) تجربة:

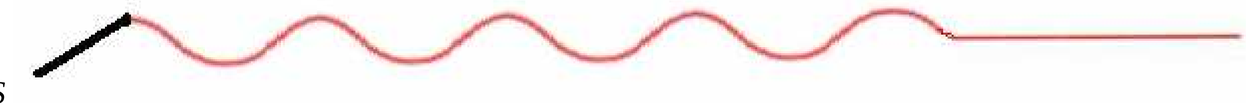
نستعمل حبلا مرنا متوترا من أحد طرفيه وطرفه الآخر مثبت بشفرة مهتزة لها حركة اهتزازية مصانة بواسطة كهرمغناطيس .





عندما تهتز الشفرة بتردد ثابت $N = 100Hz$ يبدو الحبل ضبابيا الشيء الذي يدل على أنه في حركة اهتزاز.

باستعمال الوماض وضبطه على تردد قيمته $Ne = 99Hz$ أصغر بقليل من تردد الشفرة نحصل على حركة ظاهرية بطيئة فنلاحظ أن المنبع S يتذبذب بين موضعين قصويين وتنبعث منه موجة متوالية لتنتشر طول الحبل في نفس منحى الإنتشار(وفي عكس منحى الإنتشار با لنسبة ل $Ne = 101Hz$ أكبر بقليل من تردد الشفرة).



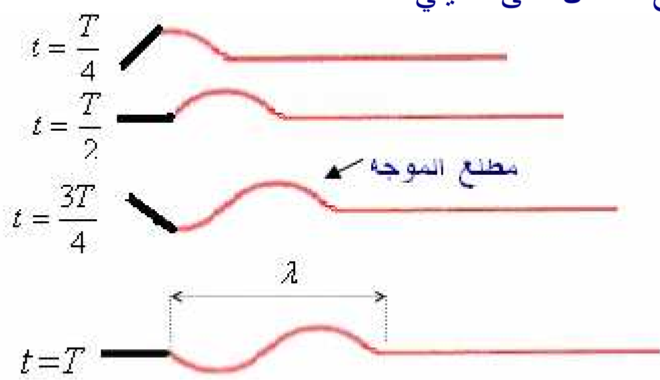
عند ضبط الوماض على التردد $N_e = N = 100Hz$ تبدو الشفرة والحبل متوقفين ففي هذه الحالة كل نقط من نقط الحبل لها دور مساو لدور حركة المنبع S. (التوقف الظاهري)

شكل الموجة المتوالية :

مطلع الموجة
T

T: الدورية الزمانية (دور الموجة المتوالية)

عندما نحلل حركة المنبع S اعتمادا على تبيانات متتالية تمثل مظهر الحبل في مدد زمنية متتالية متساوية $\frac{T}{4}$ حيث T هو دور اهتزاز المنبع نحصل على ما يلي :



λ: طول الموجة المتوالية. (أي الدورية المكانية)

ملحوظة : مطلع الموجة يتعلق باهتزاز الشفرة عند اللحظة $t = 0$

(إذا.اهتزت الشفرة عند اللحظة $t = o$ **نحو الأعلى** يكون شكل الموجة المتوالية كما يلي:

مطلع الموجة محدب

و إذا اهتزت الشفرة عند اللحظة $t = o$ **نحو الأسفل** يكون شكل الموجة المتوالية كما يلي :

مطلع الموجة مقعر

ب)طول الموجة المتوالية:

*تعريف: نسمي طول الموجة λ المسافة التي تقطعها الموجة خلال مدة زمنية تساوي دور اهتزاز المنبع T.

$$\lambda = v.T = \frac{v}{\gamma}$$

λ: طول الموجة المتوالية. (m)

v : سرعة انتشار الموجة. (m/s)

γ : تردد الموجة المتوالية = تردد المنبع S. (Hz)

*تطبيق:علما أن في التجربة السابقة الشفرة تهتز عند اللحظة $t = 0$ نحو الأعلى ودور اهتزاز المنبع $T = 20ms$.

1)مثل مظهر الحبل عند اللحظة $t = 70ms$.

2) مثل مظهر الحبل عند اللحظة $t' = 45ms$.

الحل:

1) لدينا : $\frac{t}{T} = \frac{70}{20} = 3,5$ إذن : $t = 3,5T$

وبالتالي مظهر الحبل في اللحظة $t = 70ms$ هو كما يلي :

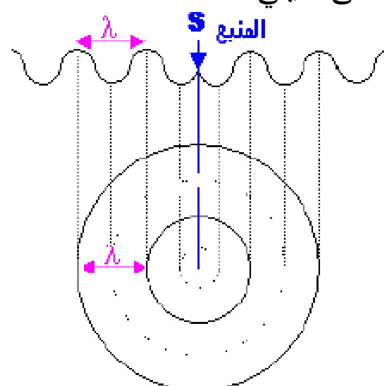
لدينا : $\frac{t'}{T} = \frac{45}{20} = \frac{5 \times 9}{5 \times 4} = \frac{9}{4}$ أي: $t' = \frac{9T}{4}$ أي: $t' = 2,25T$

مظهر الحبل في اللحظة $t' = 70ms$ هو كما يلي :

3) الموجة المتوالية الجيبيةعلى سطح الماء:

أ)الموجة الدائرية:

نحدث موجة دائرية في حوض الموجات مع إضاءة سطح الماء بواسطة وماض نضبط تردده على قيمة تساوي تردد الموجة(أي تردد المنبع S) فنحصل علىما يلي:



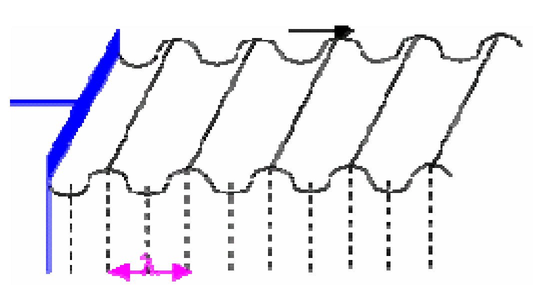
عند التردد: $N = N_e = 250Hz$ نحصل على التوقف الظاهري للموجة المتوالية . ثم نقيس طول الموجة المتوالية فنحصل على: $\lambda = 1cm$

ما هي سرعة انتشار الموجة على سطح الماء؟

لدينا: $\lambda = vT = \frac{v}{\upsilon}$ إذن: $v = \lambda\upsilon = 10^{-2}m \times 250s^{-1} = 2,5m/s$

ب)الموجة المستقيمية:

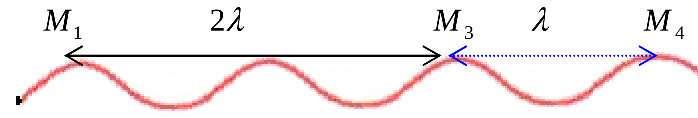
نحدث موجة مستقيمية في حوض الموجات مع إضاءة سطح الماء بواسطة وماض نضبط تردده على قيمة تساوي تردد الموجة(أي تردد المنبع S) فنحصل علىما يلي:



ثم نقيس طول هذه الموجة المتوالية فنحصل على: $\lambda = 0,8cm$. أوجد تردد حركة المنبع الذي يمكن من مشاهدة التوقف الظاهري للموجة المتوالية ؟

لدينا: $\lambda = vT = \frac{v}{\upsilon}$ ومن خلال الدراسة السابقة : $v = 2,5m/s$ إذن: $\upsilon = \frac{v}{\lambda} = \frac{2,5m/s}{0,8 \times 10^{-2}m} = 312,5Hz$

ج)مقارنة حركة نقطتين من وسط الإنتشار (التوافق في الطور)



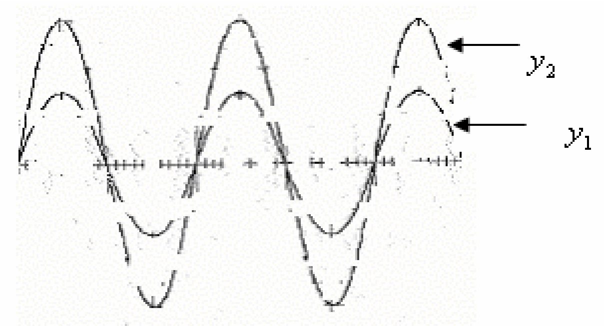
$M_1M_3 = 2\lambda$ M_1 و M_3 تهتزان على توافق في الطور .(تقومان بنفس الحركة في نفس الوقت)

$M_3M_4 = \lambda$ M_3 و M_4 تهتزان على توافق في الطور .

$M_1M_4 = 3\lambda$ M_1 و M_4 تهتزان على توافق في الطور .

نقطتان M و M'من وسط الإنتشارتهتزان على توافق في الطور إذا كانت المسافة بينهما تساوي عددا صحيحا لطول الموجة λ . $MM' = k\lambda$ مع $k \in \mathbb{N}^*$

كما نقول أن دالتين جيبيتين على توافق في الطور إذا كانت تنعدمان في نفس الوقت وتبلغان قيمتيهما القصوية والدنوية في نفس الوقت وتكونان على النحو التالي :



الدالتين y_1 و y_2 على توافق في الطور.

4) الموجة المتوالية الجيبية الصوتية

*تعريف

الموجات الصوتية عبارة موجات ميكانيكية طولية تنتشر في الأوساط المادية نتيجة انضغاط وتمدد لمكونات وسط الإنتشار.

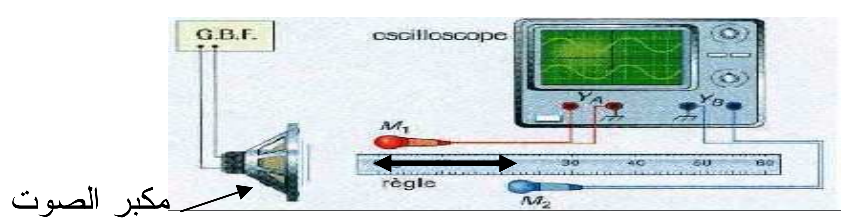
وبصفة عامة تنتشر الموجات الصوتية بسرعة أكبر في الاجسام الصلبة أو في السوائل مقارنة مع الهواء.

أمثلة : سرعة انتشار الصوت في الهواء $340m/s$.

سرعة انتشار الصوت في الماء $1480m/s$.

وسرعة انتشار الصوت في الغرانيت $6000m/s$

* تحديد الدورية المكانية لموجة صوتية:



نشغل مكبر الصوت و نبقي الميكروفون M_1 عند الأفصول $x=0$ ثم نغير المسافة d بإزاحة M_2 وفق المحور ox الشكلين التاليين:

ونسجل قيم المسافة d التي توافق التوافق في الطورفنحصل على النتائج التالية .

40,5	27	13,5	$d(cm)$

نعلم أن نقطتين من وسط الإنتشارتهتزان على توافق في الطور إذا كانت المسافة بينهما $d=k\lambda$

إذن بالنسبة ل $k=1$ $d=\lambda=13{,}5cm$

بالنسبة ل $k=2$ $d=2\lambda=27cm$

بالنسبة ل $k=3$ $d=3\lambda=40{,}5cm$

ثم نستنتج طول الموجة الصوتية λ المنبعثة من مكبر الصوت.

نحصل على : $\lambda=13{,}5cm$ **وهي توافق أقصر مسافة d بين المكرفونين في التركيب السابق غير منعدمة نحصل فيها على التوافق في الطور .**

كلما كان التردد أكبر كلما كانت λ أصغر أي قابلة للقياس تجريبيا.

* تحديد الدورية الزمانية لموجة صوتية:

الكسح الافقي المستعمل هو $0{,}1ms/div$

نستنتج الدور T: $T=0{,}1ms/div\times 4div=0{,}4ms$

* قياس سرعة انتشار الصوت،

$$v=\frac{\lambda}{T}=\frac{13{,}5\times10^{-2}m}{0{,}4\times10^{-3}s}=337{,}5m/s$$

III ظاهرة الحيود:

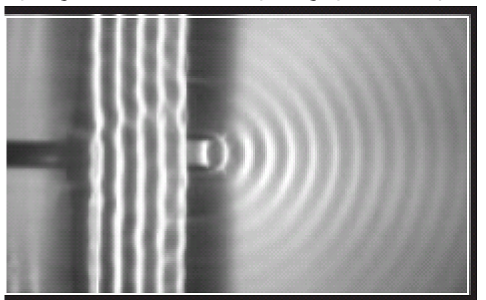
1) تعريف:

الحيود ظاهرة تميز الموجات ،وتحدث كلما صادفت موجة دورية حاجزا به شق عرضه a ولا تظهر إلا إذا كان عرض الشق أصغر أو مساو لطول الموجة الواردة.

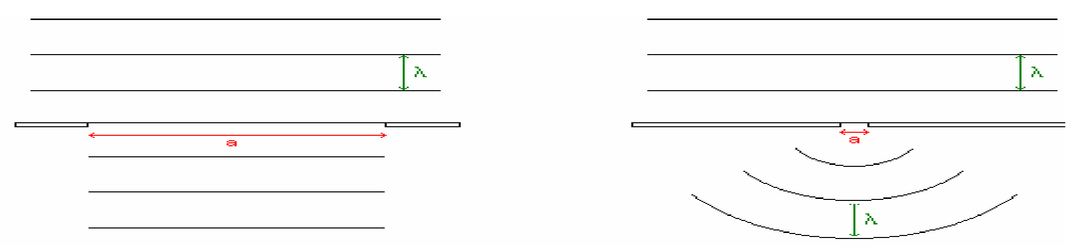
2) حيود موجة ميكانيكية متوالية على سطح الماء

عند التقاء موجة متوالية بحاجز به فتحة عرضها a ، يحدث تغير في بنية الموجة الواردة إذا حقق العرض a الشرط التالي : $a \leq \lambda$.

للموجتين الواردة والمحيدة نفس الترددونفس طول الموجة ونفس السرعة.



الفتحة تتصرف كمنبع وهمي.



إذا كانت الفتحة $a > \lambda$ لا نحصل على ظاهرة الحيود ونحصل خلف الحاجز على موجات مستقيمية.

إذا كانت الفتحة $a \leq \lambda$ نحصل على ظاهرة الحيود ونحصل خلف الحاجز على موجات دائرية.

3)حيود الموجات فوق الصوتية:

(حسب ما ورد في التوجيهات ، انظر التوجيهات الخاصة بالفيزياء ص16)

تتم معاينة القيم القصوى والدنيا لوسع الموجات فوق صوتية أو الموجات على سطح حوض الموجات (أو هما معا)، بدون تقديم أي تفسير لهذه الظاهرة.

أ) تعريف

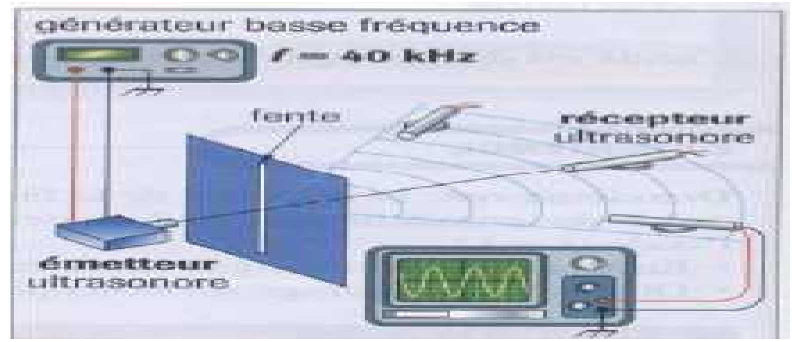
الموجات فوق الصوتية هي اهتزازات من طبيعة الصوت ولكن ترددها من القوة بحيث يجعل سماعها متعذرا.

يمكن الحصول علىموجات فوق صوتية بواسطة مكبر الصوت مع ربطه بولد GBF واستعمال تردد أكبر من $20kHz$.

ب) الإبراز التجريبي للظاهرة

عندما نضبط الولد GBF على التردد $40kHz$ يكون طول الموجة الواردة :

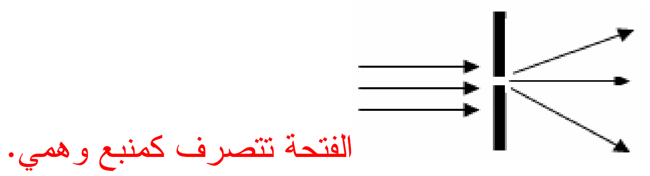
$$\lambda = \frac{v}{\upsilon} = \frac{340m/s}{40000Hz} = 8{,}5\times10^{-3}m = 0{,}85cm$$



نحصل على ظاهرة الحيود إذا كان عرض الفتحة $a \leq \lambda$ ثم نمثل تغيرات التوتر بين مربطي المستقبل بدلالة θ.

وهكذا نبرز ظاهرة الحيود ونتمكن من معاينة القيم القصوى والدنيا لوسع الموجات فوق الصوتية المحيدة.

نلاحظ أن الموجات فوق الصوتية تصل إلى جميع النقط خلف الحاجزبشدات متفاوتة لكونها تخترق الفتحة التي تلعب دور منبع وهمي لتنتشر في جميع الاتجاهات مما يدل على أن هناك حيود.
الوسع الأكبر يدل على أهمية شدة الموجة فوق الصوتية المحيدة.
كلما كان طول الفتحة صغيرا كلما كانت ظاهرة الحيود مهمة.


الفتحة تتصرف كمنبع وهمي.

VI) ظاهرة التبدد :

1) تعريف:

يكون وسط الإنتشارمبددا للموجات المتوالية إذا كانت سرعة انتشارها في هذا الوسط تتعلق بتردد المنبع.

2) تجربة:

نحدث موجة مستقيمية أو دائريةفي حوض الموجات .
نغير تردد المنبع S ، و نضيء سطح الماء بوماض مع ضبط تردده على قيم تمكن من مشاهدة التوقف الظاهري لجميع نقط سطح الماء ، ثم نقيس طول الموجة λ الموافق في كل حالة.
ندون النتائج في الجدول التالي :

$\upsilon(Hz)$	20	27	30
$\lambda(cm)$			
$v(m/s)$			

أ)اعط العلاقة بين سرعة انتشار الموجة v وترددها وطول موجتها λ.
ب) انقل الجدول السابق وأتمم ملأه .
ج) علما أن الوسط المبدد هو الذي تتعلق فيه سرعة انتشار الموجة بترددها .
هل الماء وسط مبدد؟علل جوابك.

الإجابة : لدينا: أ) $\lambda = v.T = \frac{v}{\upsilon}$ أي: $v = \lambda\upsilon$ وبذلك نملأ الجدول.

ب)

$\upsilon(Hz)$	20	27	33
$\lambda(cm)$	1,5	1,2	1,1
$v(m/s)$	0,3	0,32	0,36

ج) نلاحظ أن سرعة انتشار الموجة تتغير بتغير التردد.
إذن الماء وسط مبدد.

3) استنتاج:

الماء وسط مبدد للموجات المنتشرة على سطحه والحبل كذلك لأن سرعة الإنتشار تتعلق بتردد المنبع.
الهواءليس بمبدد للموجات الصوتية لأن سرعة انتشار الصوت في الهواء ثابتة لا تتعلق بالتردد.(عند نفس درجة الحرارة والضغط).

Abdelkrim SBIRO
(Pour toutes observations contactez mon email)
sbiabdou@yahoo.fr